

УДК 532.64:539.211

И.С. Ташлыков, А.И. Туровец
**МОРФОЛОГИЯ И СМАЧИВАЕМОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ СИСТЕМЫ
 Мо/СТЕКЛЯННАЯ ПОДЛОЖКА, ФОРМИРУЕМОЙ МЕТОДОМ SIAD**

*Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка,
 ул. Советская, 18, 220050 Минск, Беларусь*
tashl@bspu.unibel.by

В работе приведены результаты изучения Мо покрытия, осаждаемого в качестве тыльного контакта тонкопленочных солнечных элементов на стеклянную подложку методом ионно-ассистированного нанесения покрытия в условиях самооблучения (SIAD). SIAD влияет на кристаллическую структуру, плотность упаковки, адгезию, гладкость поверхности получаемой пленки, что позволит повысить качество тонкопленочных устройств [1]. Эта работа является этапом исследований начальной стадии процесса роста пленки, наносимой на стекло методом SIAD, при различных дозах облучения до развития сплошной пленки, влияние дозы облучения во время осаждения Мо на топографию и смачиваемость тонких пленок.

Покрyтия на основе Мо наносились на стекло методом SIAD с использованием резонансного ионного источника вакуумной электродуговой плазмы. Ускоряющее напряжение составляло 10 кВ, облучение прекращалось при достижении интегральных потоков ионов $1,2 \cdot 10^{16}$, $3,2 \cdot 10^{16}$, $5,2 \cdot 10^{16}$, $8,1 \cdot 10^{16}$, $1,1 \cdot 10^{17}$ см⁻². Морфология поверхности систем изучалась, используя атомно-силовую микроскопию в контактном режиме (атомно-силовой микроскоп NT-206, зонды CSC21). Данные о гидрофильности поверхности образцов получали, измеряя равновесный краевой угол смачивания (РКУС) на установке, представленной в [2].

Таблица Параметры морфологии и смачиваемости.

Параметры	Исх. стекло	Интегральный поток F, ат/см ²				
		$1,2 \cdot 10^{16}$	$3,2 \cdot 10^{16}$	$5,2 \cdot 10^{16}$	$8,1 \cdot 10^{16}$	$1,1 \cdot 10^{17}$
R _a , нм	2.2	1.8	2.0	2.7	2.3	2.3
% образования покрытия		56.9	33.6	34.5	48.1	96.5
Разность высот, нм		7.2	6.0	4.6	3.0	3.0
Θ, °	25.1	62.8	67.4	69.7	60.8	56.7

Нами наблюдались первоначальные этапы формирования тонкой пленки на стекле. Согласно данным качественного описания эволюции тонких пленок, синтезированных на аморфных и поликристаллических подложках [3], мы наблюдаем следующие шаги в процессе роста пленки: появление островков роста, столкновение и слияние островков, развитие непрерывного структуры. Построив гистограммы распределения высот и сечения снимков топографии на наиболее часто встречаемых высотах, мы находим, насколько сплошным является покрытие и его толщину.

Оценивая % образования покрытия, мы видим снижение с 56,9% до 33,6% на начальном этапе формирования покрытия. Это возможно в случае, когда наблюдаемая разноуровневая поверхность на АСМ снимках отображает не поверхность покрытия и подложки, а только поверхность покрытия, осаждаемого неравномерно на различных участках поверхности на начальном этапе формирования покрытия. Т.е. на АСМ

снимках мы видим не поверхность подложки (более низкий уровень), а поверхность ранее осажденного покрытия. Об этом свидетельствует, в частности, снижение разности высот с 7,2 нм до 3 нм при увеличении интегрального потока и соответственно времени нанесения покрытия.

Средняя шероховатость (R_a) стекла незначительна и составляет 2,2 нм. Наблюдаемая при этом картина рельефа поверхности представляет собой ансамбль «холмов» схожей высоты. Зависимость R_a от величины интегрального потока имеет вид, схожий с ранее полученными результатами исследования влияние облучения графита ионами Xe^+ на структуру, элементный состав, топографию и смачиваемость поверхности образцов [4].

После нанесения покрытия характер топографии поверхности заметно меняется. В отличие от исходного образца значительно снижается количество небольших неоднородностей, поверхность подложки становится более гладкой. Рост шероховатости с увеличением интегрального потока обусловлен разностью высот покрытия и подложки, а также многочисленностью островков зарождения покрытия, достигая максимума в 2,71 нм при интегральном потоком ионов $5,2 \cdot 10^{16}$ ион/см². При дальнейшем увеличении времени нанесения, а значит, увеличении интегрального потока ионов, площадь покрытия растет, заполняя всю поверхность стекла, что приводит к снижению шероховатости до 2,3 нм.

Измерения равновесного краевого угла смачивания дистиллированной водой поверхности исходного стекла ($25,1^\circ$) и стекла, модифицированного ионно-ассистированным нанесением Мо, ($56,7^\circ - 67,4^\circ$) выявили значительное влияние модифицирования и меньшее влияние интегрального потока на значение РКУС. Следовательно, нанесением Мо-содержащего покрытия на стекло с разными интегральными потоками можно управлять смачиваемостью его поверхности водой.

Изменение величины РКУС с ростом интегрального потока имеет зависимость, качественно подобную дозовой зависимости величины шероховатости.

Три фактора влияют на смачиваемость поверхности в этом случае: химический состав материала (осаждение Мо-пленки), гетерогенность состава поверхности (% образования покрытия) и морфологии поверхности (шероховатость поверхности).

[1] Tashlykov I.S. Elastomer surface modification by means of SIAD of metal-based layers / I.S. Tashlykov, A.V. Kasperovich, G. Wolf // Surf. Coat. Techn. – 2002. – V. 158–159. – P. 498–502.

[2] Ташлыков И.С. Элементный состав, топография и смачиваемость поверхности графита, модифицированного ионно-ассистированным осаждением покрытий / И.С. Ташлыков, С.М. Барайшук // Известия ВУЗов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2008. – №1. – С. 30–35.

[3] Petrov I. Microstructural evolution during film growth / I. Petrov [et al] // J. Vac. Sci. Technol. – 2003. – A 21.5. – P. 117–128.

[4] Tashlykov I.S. Influence of Xe^+ Irradiation on Topography and Wettability of Graphite Surface / I.S. Tashlykov, A.I. Turavets, P. Zukowski // Acta Physica Polonica A. – 2011. – №1. – P. 115–117.